**Namira S.G.R.P.A**
Sede: Via Olmetto 8
20123 Milano (MI)

---

MXP MAGENTA
Viale Piemonte 66, 20013 Magenta (MI) Italia
Campus Ad Uso Data Center

# VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE
Ai sensi degli artt. 23-25 del D.Lgs.152/06

---

**Documento:**
20005_ES V RGG 01-
Relazione geologica

**Data**
15 Dicembre 2025

**Proprietario**
Namira S.G.R.P.A

Alvea

Environment,
Your Next
Asset

Progetto: 25.019.01

**VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE (VIA)**

**DATA CENTER MXP MAGENTA – Viale Piemonte 66**

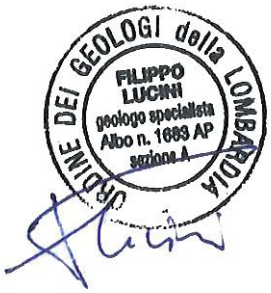
ai sensi degli artt. 23-25 del D.Lgs. 152/06

# RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E IDROGEOLOGICA

Preparato per: DIDIT S.r.l.

Data: 15/12/2025

# RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E IDROGEOLOGICA




| Rev: | data | emissione | note |
|---|---|---|---|
| 0 | 15/12/2025 | | |
| | | | |
| | | | |

| Redatto | Verificato | Approvato |
|---|---|---|
| F. Lucini | L. Pessina | P. Mauri |

# Sommario

**1. INTRODUZIONE** ..... 5
1.1. Documentazione consultata ..... 5
1.2. Normativa di riferimento ..... 6
**2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO** ..... 7
**3. INTERVENTO IN PROGETTO** ..... 8
**4. INQUADRAMENTO AMBIENTALE** ..... 9
4.1. Geologia e geomorfologia ..... 9
4.2. Idrogeologia ..... 10
4.2.1. Piezometria della falda ..... 11
**5. INQUADRAMENTO SISMICO** ..... 15
**6. FATTIBILITÀ GEOLOGICA** ..... 18
**7. RISCHIO RADON** ..... 21
**8. INDAGINI PREGESSE** ..... 23
8.1. Sondaggi geognostici e prove SPT in foro ..... 24
8.2. Prove Lefranc ..... 24
8.3. Prove penetrometriche dinamiche continue SCPT ..... 24
8.4. Indagine sismica MASW ..... 25
**9. ESITI DELLE INDAGINI** ..... 26
9.1. Stratigrafia del sottosuolo ..... 26
9.2. Coefficiente di permeabilità k ..... 26
9.3. Soggiacenza della falda ..... 26
9.4. Risultati prove SPT e SCPT ..... 30
9.5. Esiti indagine sismica ..... 31
**10. MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO** ..... 32
10.1. Determinazione dei principali parametri geotecnici ..... 32
**11. TIPOLOGIA DI FONDAZIONI PREVISTE DA PROGETTO** ..... 34
**12. CONCLUSIONI** ..... 35

# Indice Figure

Figura 1: Inquadramento geografico 7
Figura 2: Masterplan di progetto 8
Figura 3: Inquadramento geologico 9
Figura 4: Unità idrostratigrafiche nel sottosuolo della Pianura lombarda. 10
Figura 5: Piezometria e soggiacenza 13
Figura 6: Piezometria locale-dicembre 2020 14
Figura 7: Pericolosità sismica dell'area d'interesse (INGV) 15
Figura 8: Disaggregazione del valore di ag con probabilità di eccedenza 10% in 50 anni-grafico (INGV) 16
Figura 9: Disaggregazione del valore di ag con probabilità di eccedenza 10% in 50 anni-tabella (INGV) 16
Figura 10: Inquadramento sismico 17
Figura 11: Fattibilità geologica 18
Figura 12: Stratigrafia fondazioni – aree con permanenza di persone 22
Figura 13: Stratigrafia fondazioni – aree senza permanenza di persone 22
Figura 14: Ubicazione punti d'indagine 23
Figura 15: Soggiacenza della falda registrate dal 23/02/2022 al 30/01/2023 27
Figura 16: Quote s.l.m. della falda registrate dal 23/02/2023 al 30/01/2023 27
Figura 17: Grafico rappresentante la soggiacenza della falda in ogni punto di monitoraggio 27
Figura 18: Grafico rappresentante l'andamento della falda nel 2024-2025 28
Figura 19: Ubicazione piezometri 29

## Disclaimer

With this document, Alvea srl has fulfilled the commission entrusted to it by Didit with the required diligence.

The calculations and results illustrated in this document have been obtained in compliance with current regulations and recognised rules in the sector of operation and are based on the state of knowledge at the time of writing the report.

In this regard, Alvea srl has prepared this documentation in accordance with the information and specifications provided by the Client, who therefore assumes all responsibility for the accuracy and correctness of the same.



To this end, Alvea srlconsiders that:

- the client, or third parties designated by them, have provided all the correct information and complete documents for the execution of the commission.
- this document will not be used in a partial manner.
- the processing and results contained in this document will not be used for any purpose other than that agreed upon or for any other purpose, nor will they be transposed to modified circumstances without being re-examined.
- in this document, the term “Client” refers to the company “Didit”, which has commissioned “Alvea” to draft this document.

Con il presente documento, Alvea srl ha eseguito l'incarico affidatole da Didit con la dovuta diligenza.

I calcoli e i risultati illustrati nel presente documento sono stati ottenuti nel rispetto delle normative vigenti e delle regole riconosciute nel settore di attività e si basano sullo stato delle conoscenze al momento della stesura del rapporto.

A tal proposito, Alvea srl ha redatto la presente documentazione in conformità alle informazioni e alle specifiche fornite dal Cliente, che pertanto si assume ogni responsabilità in merito all'accuratezza e alla correttezza della stessa.

A tal fine, Alvea srl ritiene che:

- il Cliente, o terzi da lui designati, abbiano fornito tutte le informazioni corrette e la documentazione completa per l'esecuzione dell'incarico.
- il presente documento non verrà utilizzato in modo parziale.
- le elaborazioni e i risultati contenuti nel presente documento non verranno utilizzati per scopi diversi da quelli concordati o per qualsiasi altro scopo, né verranno trasposti a circostanze modificate senza essere riesaminati.
- nel presente documento, il termine “Cliente” si riferisce alla società “Didit”, che ha incaricato “Alvea” di redigere il presente documento.

# 1. INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la relazione geologica e geotecnica relativa all'intervento denominato "Insediamento nuovo campus data center MXP Magenta", ubicato in Comune di Magenta (MI), nell'area "ex Novaceta".

Quanto di seguito riportato fa riferimento alla relazione geologica già presentata nell'ambito della procedura di Verifica di assoggettabilità a VIA del "Polo Alta Tecnologia area EX NOVACETA AR2 del PGT di Magenta" (Rif. S.I.L.V.I.A. VER2193-RL), nonché nella relativa proposta di Piano Attuativo, opportunamente integrata sulla base delle caratteristiche del progetto specifico oggetto del presente procedimento.



Il modello geologico-tecnico del sito è stato definito sulla base degli esiti delle seguenti campagne d'indagine:

- Nov.-Dic. 2020 (Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti Srl):
  - n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti sino alla profondità di -30.0m da p.c., con realizzazione di prove SPT ogni 1.5m di avanzamento;
  - n. 17 prove penetrometriche dinamiche continue con attrezzatura DPSH;
  - n. 1 indagine sismica MASW per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs.
- Apr. 2022 ambiente spa):
  - esecuzione di n.8 prove di permeabilità di Lefranc;
- Feb. 2022-Gen. 2023 (ambiente spa):
  - monitoraggio mensile della soggiacenza della falda in corrispondenza di n. 6 piezometri (MW1-MW6).

## 1.1. Documentazione consultata

- 20005_ES P PR 12 - Relazione geotecnica-sismica del Piano Attuativo conforme al PGT per il Polo di Alta Tecnologia dell'area ex Novaceta AR2 del PGT del Comune di Magenta (ambiente spa – marzo 2025);
- Masterplan di progetto;
- 20005 ES P PR 11 Analisi componente geologica, suolo e falda;
- "Progetto preliminare ai sensi dell'art.11 del Documento di Piano del PGT vigente-Ambito AT2" – Lombardini 22-CAP DC Italia, ottobre 2021;
- "Former "Novaceta" plant Magenta (MI), Viale Piemonte-Geological Overview Report (R3 standard type regional legislation) D.G.R. IX/2616 11/30/2011" – STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI s.r.l., gennaio 2021;
- "Indagine geofisica finalizzata agli studi della microzonazione sismica per la risposta locale-Metodologia MASW-Magnta (MI)" – STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI s.r.l., dicembre 2020
- "Componente geologica, idrogeologica e sismica allegata al Piano di Governo del Territorio (PGT) del Comune di Magenta (MI)"-Variante – Studio di geologia dott. Geol. Carlo Lurati, giugno 2023;
- "Componente geologica, idrogeologica e sismica allegata al Piano di Governo del Territorio (PGT) del Comune di Magenta (MI)" – Studio di geologia dott. Geol. Carlo Lurati, novembre 2016.

## 1.2. Normativa di riferimento

- D.P.C.M. 24 maggio 2001: approvazione Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Po (P.A.I.);
- D.P.C.M. 21 ottobre 2003: disposizioni attuative dell'art.2, commi 2, 3 e 4, dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- D.d.u.o. n. 19904–21/11/2003: elenco degli edifici ed opere di competenza regionale aventi funzione strategica o rilevante;
- D.G.R. n. IX/2616–30 novembre 2011: aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art.57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n.12 approvata con D.G.R. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificata con D.G.R. 28 maggio 2008, n. 877374;
- D.G.R. n. IX/4287–25 ottobre 2012: Riordino dei reticoli idrici di Regione Lombardia e revisione dei canoni di polizia idraulica
- D.G.R. n. X/2129-11 luglio 2014: aggiornamento delle zone sismiche dei comuni lombardi;
- L.R. n. 33–12 ottobre 2015: disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche;
- L.R. n. 4–15 marzo 2016: revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua;
- D.G.R. X/5001–30/03/2016: linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica;
- D.P.C.M. 27 ottobre 2016: approvazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico Padano (P.G.R.A.);
- D.M. 17/01/2018: "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni".

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area d'intervento si colloca nel settore nord del territorio comunale di Magenta, alle porte del tessuto residenziale della città, ed è delimitata dal Canale Secondario Villoresi a est e, a sud, oltre che dal canale, dalla Strada Provinciale 31 e dalla linea ferroviaria Milano-Novara (Figura 1).

Il comparto, rappresentato dall'ex sito industriale "Novaceta", abbandonato da decenni, ha una superficie di 216.250 $m^2$ ed è collocato ad una quota prossima ai 140 m s.l.m.

*Figura 1: Inquadramento geografico*

# 3. INTERVENTO IN PROGETTO

Il progetto si estende su una superficie totale di 215'296 $m^2$ e prevede la realizzazione di n. 5 edifici destinati a Data Center, di una sottostazione elettrica per l'alimentazione degli stessi e da opere destinate alla fruizione pubblica, quali: una nuova viabilità alternativa all'attuale via Galileo Galilei, un parcheggio affiancato alla nuova viabilità, campi sportivi e la riqualificazione di un edificio esistente da destinare ad attività d'uso pubblico. Infine sono previste aree verdi a completamento.

Di seguito si riporta un estratto della planimetria generale di progetto.



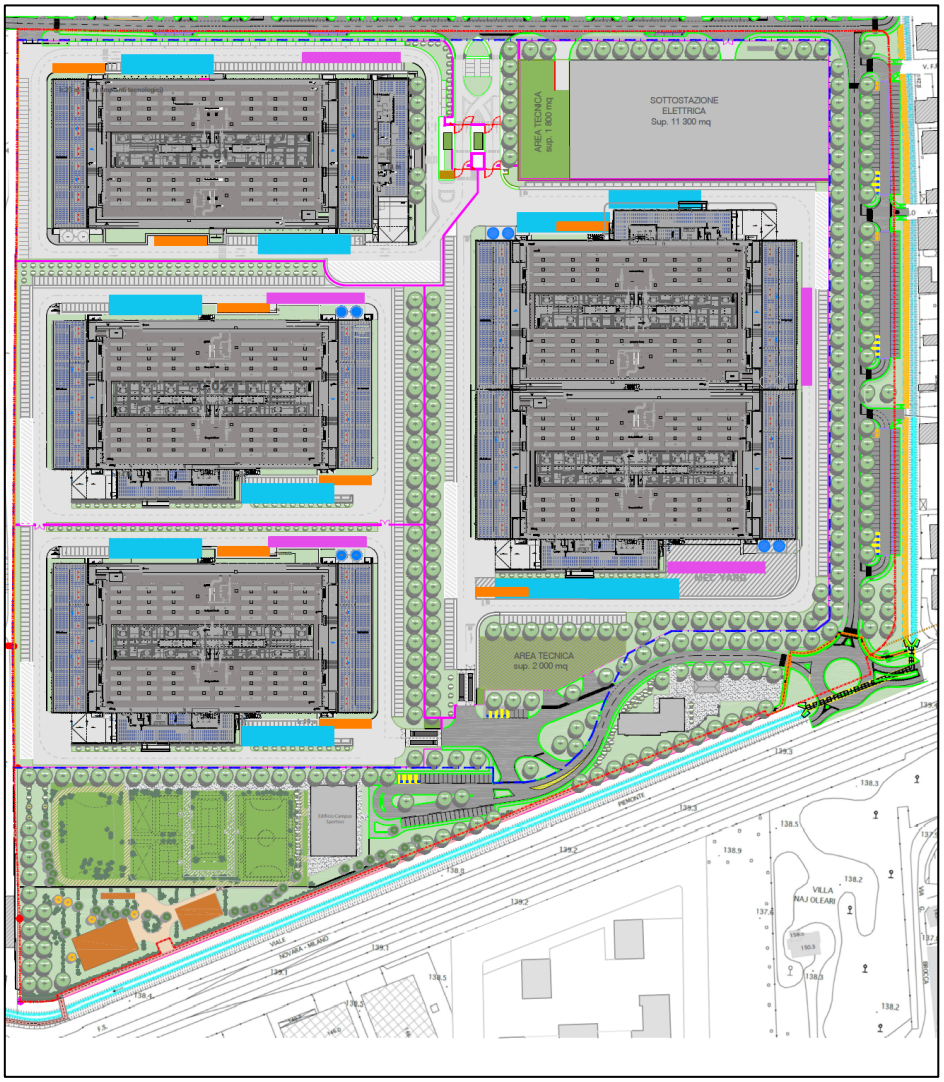



*Figura 2: Masterplan di progetto*

# 4. INQUADRAMENTO AMBIENTALE

Nei seguenti paragrafi si descrivono le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area d'interesse.

## 4.1. Geologia e geomorfologia



L'intero territorio comunale di Magenta si colloca nell'ambito dominato dai depositi fluvioglaciali referenti al Livello Fondamentale della Pianura, cui si sono sovrapposti nell'ambito della "Valle" del Fiume Ticino i depositi connessi con l'attività del fluviale.

I depositi del Livello Fondamentale della Pianura costituiscono un corpo sedimentario estremamente potente (120÷130 metri), a composizione ghiaioso sabbiosa, con lenti limo argillose aventi potenza massima di circa 2 metri. Al limite inferiore di tale corpo sedimentario compare un livello argilloso continuo di circa 10 metri che segna il passaggio ad una diversa unità litologica sabbioso argillosa.

Tale situazione rispecchia la già nota struttura dei depositi della pianura lombarda al cui interno è possibile riconoscere tre unità litologiche a granulometria decrescente da ghiaiosa sabbiosa (in superficie), a sabbioso argillosa (alle maggiori profondità), che testimoniano il passaggio da un ambiente di formazione marino (profondità maggiori) ad uno di tipo continentale (in risalita verso la superficie topografica).

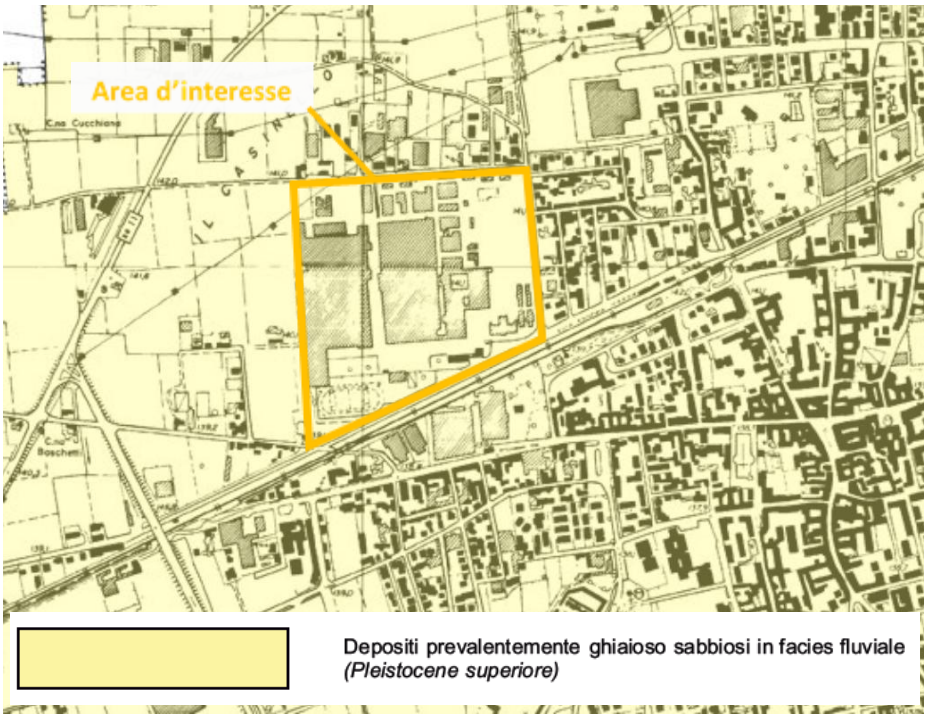



*Figura 3: Inquadramento geologico*
*(estratto della Tavola 1a della Componente geologica, idrogeologica e sismica allegata al PGT comunale)*

L'elemento morfologico di maggiore rilievo presente sul territorio comunale, invece, è l'orlo di terrazzo fluviale che delimita la scarpata che separa le alluvioni attuali del Fiume Ticino, ad Ovest, e le alluvioni recenti del Livello Fondamentale della Pianura, ad Est.

## 4.2. Idrogeologia

L'assetto stratigrafico del sottosuolo dell'area in esame vede l'alternanza di corpi sedimentari di diverso spessore, costituiti da terreni con granulometrie e caratteri tessiturali e strutturali anche molto diversi tra loro. Questa variabilità si trasmette in un'architettura idrostratigrafica del sottosuolo complessa, caratterizzata da un'alternanza di corpi acquiferi e acquitardi di diversa importanza regionale.

La letteratura tradizionale individua, nel sottosuolo del territorio milanese, una successione idrostratigrafica caratterizzata da corpi geologici denominati Unità Stratigrafiche o Idrostratigrafiche/Idrogeologiche, le cui nomenclature risultano ormai superate. Per comodità, risulta in ogni caso utile operare una suddivisione di massima tra le Unità Idrostratigrafiche superficiali, a granulometria prevalente ghiaioso-sabbiosa e sedi di falde libere e semiconfinate ("Acquifero Tradizionale"), e le Unità più profonde, caratterizzate da granulometrie prevalenti più fini e sedi di falde confinate ("Acquiferi Profondi").



La pubblicazione di Regione Lombardia - ENI-AGIP del 2002 "Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia" - raggruppa le unità idrostratigrafiche individuate nel sottosuolo della Pianura lombarda in quattro Gruppi Acquiferi (A, B, C, D). Tali gruppi sono delimitati alla base da una superficie stratigrafica (limite di sequenza) che definisce l'inizio di un ciclo regressivo – trasgressivo, corrispondente alla paleo-fisiografia del bacino sedimentario a un dato tempo. La fase trasgressiva che termina il ciclo è rappresentata da un livello di argille marine o sedimenti fini continentali che coincide con un acquicludo di importanza regionale.

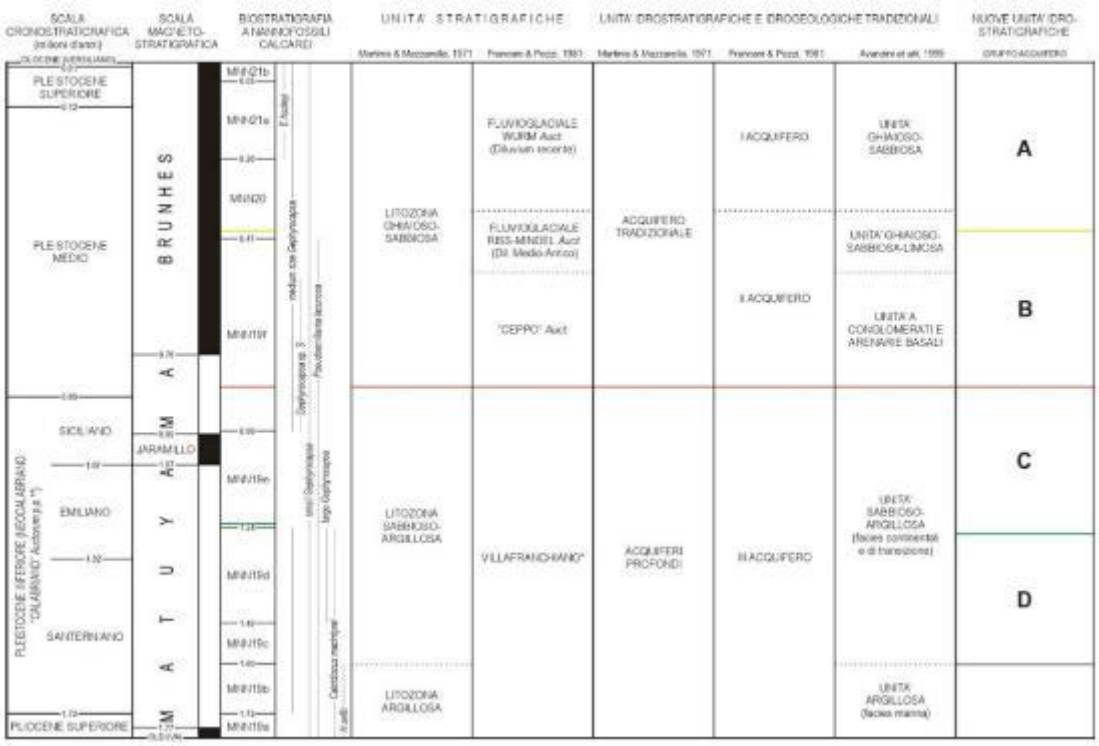



*Figura 4: Unità idrostratigrafiche nel sottosuolo della Pianura lombarda.*

I Gruppi Acquiferi individuati dalla pubblicazione di Regione Lombardia, ENI-AGIP (2002), in ordine stratigrafico, sono i seguenti:

- Gruppo D [Pleistocene Inferiore]: sedimentazione marina caratterizzata da argilla e silt con sabbie fini su cui progradano, da nord verso sud, in sequenza negativa (CU), sabbie medie e ghiaie di delta conoide.
- Gruppo C [Pleistocene Medio]: progradazione - da ovest verso est - dei sistemi deposizionali padani (depositi marini di scarpata, piattaforma, transizionali e quindi continentali), e colmamento dei bacini profondi a sedimentazione torbiditica. I corpi sabbiosi deltizi e litorali costituiscono acquiferi di buono spessore, permeabilità e continuità laterale; le argille marine e di piana alluvionale sono ottimi acquitardi. L'evoluzione regressiva è interrotta da un'importante fase trasgressiva durante la quale si ha deposizione di argille marine di piattaforma, che costituiscono un corpo di significativo spessore stratigrafico e di notevole continuità laterale che compartimenta il gruppo in due distinti acquiferi a scala regionale.
- Gruppo B [Pleistocene Medio]: segna il passaggio alla deposizione generalizzata di sedimenti grossolani (sabbie, ghiaie, ciottoli) di ambiente esclusivamente continentale (sistemi fluviali meandriformi e braided). È costituito da due cicli positivi (FU), di pari spessore (20-25 m), con generale aumento verso l'alto della granulometria dei sedimenti (più sabbioso il ciclo inferiore, ghiaioso quello superiore). I sedimenti fini, molto subordinati, sono limitati alla parte bassa della successione (ciclo positivo inferiore) con intercalazioni di argilla e silt di spessore decimetrico fino a metrico; tali corpi, più frequenti e spessi nei settori meridionali della pianura lombarda, possono avere conseguenze positive sul confinamento e la vulnerabilità delle falde.
- Gruppo A [Pleistocene Medio-Sup.]: caratterizzato da ambienti e sistemi deposizionali simili a quelli del Gruppo B, ma con sedimenti generalmente più grossolani (ghiaie e ciottoli con subordinate sabbie), di ambiente fluviale braided ad alta energia. Lo spessore del gruppo è di circa 20-40 m, localmente 70 m; le intercalazioni argillose sono poco spesse (decimetri) e poco estese, e non determinano significativi confinamenti della falda.

L'acquifero corrispondente al gruppo "A" è quello tradizionalmente indicato come Unità sabbioso-ghiaiosa, mentre al gruppo "B" è possibile far corrispondere l'Unità sabbioso-ghiaioso-limosa e l'Unità a conglomerati e arenarie basali.

La falda libera è contenuta nell'Unità sabbioso-ghiaiosa, ed è separata dalle sottostanti falde semiconfinate da un orizzonte limoso di spessore variabile e localmente discontinuo. L'Acquifero tradizionale, formato dai Gruppi Acquiferi A e B, costituisce, infatti, un sistema multifalda comprendente falde libere e semiconfinate parzialmente intercomunicanti tra loro.

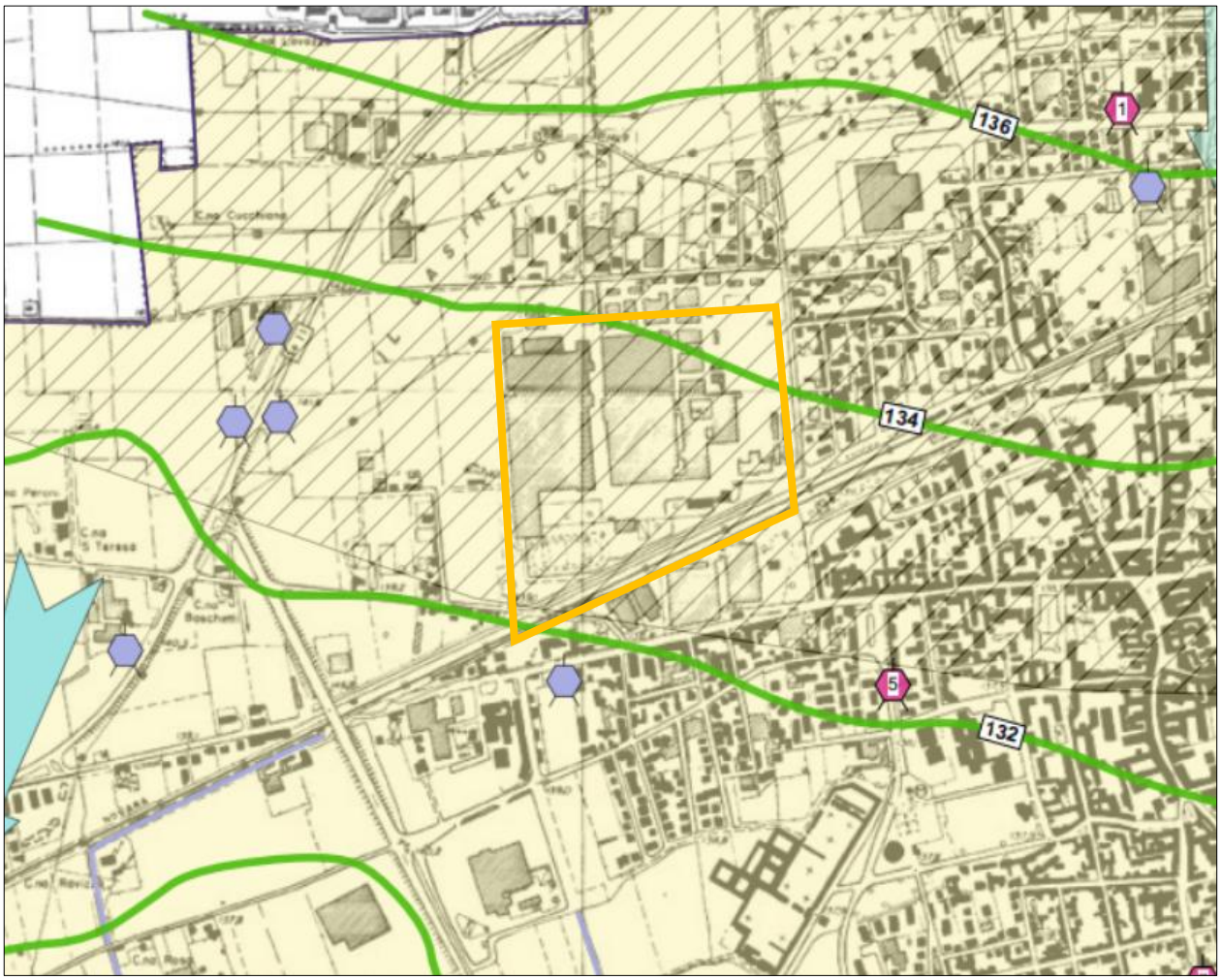
### *4.2.1. Piezometria della falda*

L'andamento della falda contenuta nell'acquifero tradizionale mostra una linea di flusso preferenziale da NNE a SSO, con un gradiente medio di poco inferiore al 5‰. Nel territorio comunale la soggiacenza media è dell'ordine di 7-10m nei settori settentrionali, centrali e centro occidentali del terrazzo più elevato, dove è presente il centro abitato ed il sito di odierno interesse.

La stessa è soggetto ad oscillazioni stagionali sia in relazione ad eventuali eventi pluviometrici, sia in relazione all'infiltrazione nel sottosuolo delle acque di irrigazione distribuite dalla rete irrigua afferente al

Canale Villoresi. In relazione al contributo delle acque irrigue, i valori minimi del livello di falda si riscontrano nei periodi invernali ed i valori massimi di innalzamento a fine estate.

Le oscillazioni maggiori si localizzano nei settori settentrionali del territorio, compresi nell'ambito di influenza del Canale Villoresi, dove il range di oscillazione stagionale della falda è dell'ordine di 3m ÷ 4m; esternamente all'ambito di influenza del Canale Villoresi le oscillazioni sono inferiori al metro.



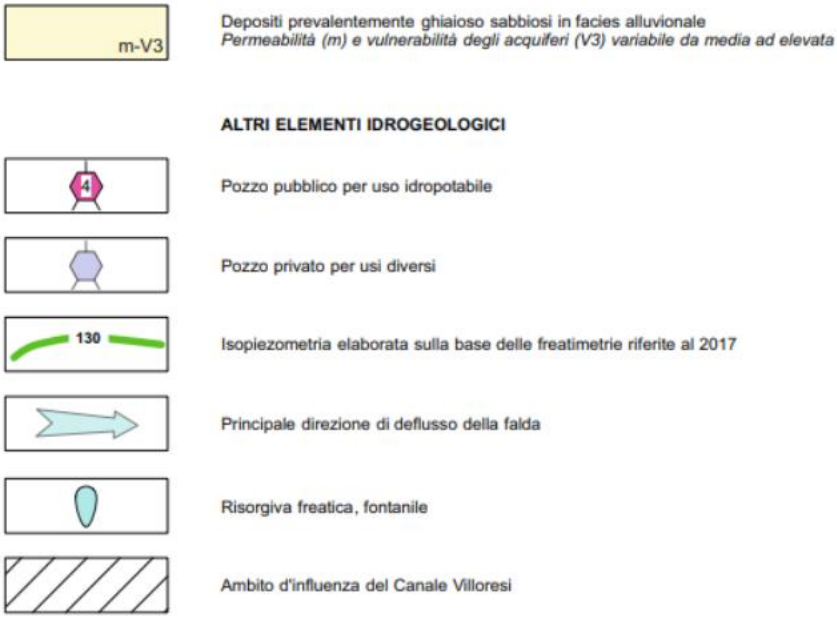


m-V3
Depositi prevalentemente ghiaioso sabbiosi in facies alluvionale
Permeabilità (m) e vulnerabilità degli acquiferi (V3) variabile da media ad elevata
ALTRI ELEMENTI IDROGEOLOGICI
4
Pozzo pubblico per uso idropotabile
Pozzo privato per usi diversi
130
Isopiezometria elaborata sulla base delle freatimetrie riferite al 2017
Principale direzione di deflusso della falda
Risorgiva freatica, fontanile
Ambito d'influenza del Canale Villoresi

*Figura 5: Piezometria e soggiacenza*
*(estratto della Tavola 3a della Componente geologica, idrogeologica e sismica allegata al PGT comunale)*

Di seguito si riporta un estratto della carta piezometrica del sito redatta da YARD REAAS nel 2020, che mostra un andamento piezometrico orientato da NE a SW in linea con l'andamento comunale.

*Figura 6: Piezometria locale-dicembre 2020*
*(fonte: YARD REAAS)*

Per un approfondimento in merito alla soggiacenza della falda nel sito di interesse si rimanda al paragrafo 9.3.

# 5. INQUADRAMENTO SISMICO

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” (pubblicata sulla G.U. n. 105 del 08/05/2003, Supplemento ordinario n. 72), vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale. L’Ordinanza è in vigore, per gli aspetti inerenti alla classificazione sismica, dal 23/10/2005; di tale nuova classificazione, la Regione Lombardia ha preso atto con D.G.R. n. 14964 del 07/11/2003, successivamente aggiornata dalla D.G.R. n. X/2129 del 11/07/2014, anche a seguito della nuova Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/2006.



Dal punto di vista della normativa tecnica associata alla nuova classificazione sismica, dal 22 marzo 2018 è in vigore il D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni”, che sostituisce il precedente D.M. 14/01/2008.

In base alla classificazione attualmente vigente, il territorio comunale di Magenta è inserito in Zona Sismica 4-Sismicità molto bassa, per la quale è prevista un’accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag) inferiore a 0.05 g.

La D.G.R. n. X/2129 del 11/07/2014 “Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia” stima un valore di accelerazione massima presente all’interno del territorio comunale (AgMax) pari a 0, 0,040227g.

Dal momento che le Norme Tecniche per le Costruzioni hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali, imponendo che per ogni costruzione ci si debba riferire ad una accelerazione individuata sulla base delle coordinate geografiche dell’area di progetto ed in funzione della vita nominale dell’opera, l’INGV ha redatto una mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (Vs,30>800 m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.08.2005). Per l’area di odierno interesse, si deve considerare un valore di ag compreso tra 0.025 e 0.050 g.

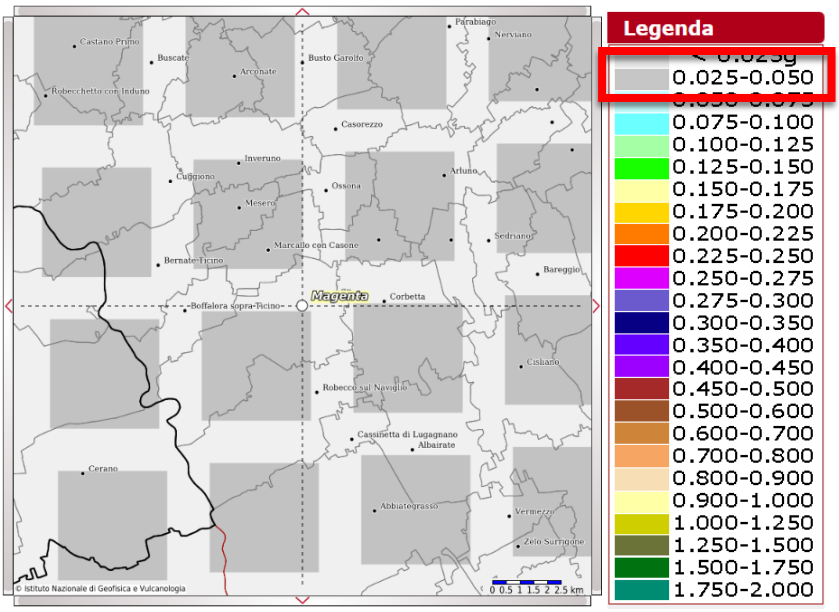



*Figura 7: Pericolosità sismica dell’area d’interesse (INGV)*

Di seguito si riportano, inoltre, i risultati dell'analisi di disaggregazione della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999), che consente di valutare i contributi delle diverse sorgenti sismiche collocate ad una certa distanza (R) dal sito d'interesse e capaci di generare terremoti di magnitudo Mw. Tale processo di disaggregazione fornisce dunque il terremoto dominante lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario), inteso come l'evento di magnitudo Mw a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.



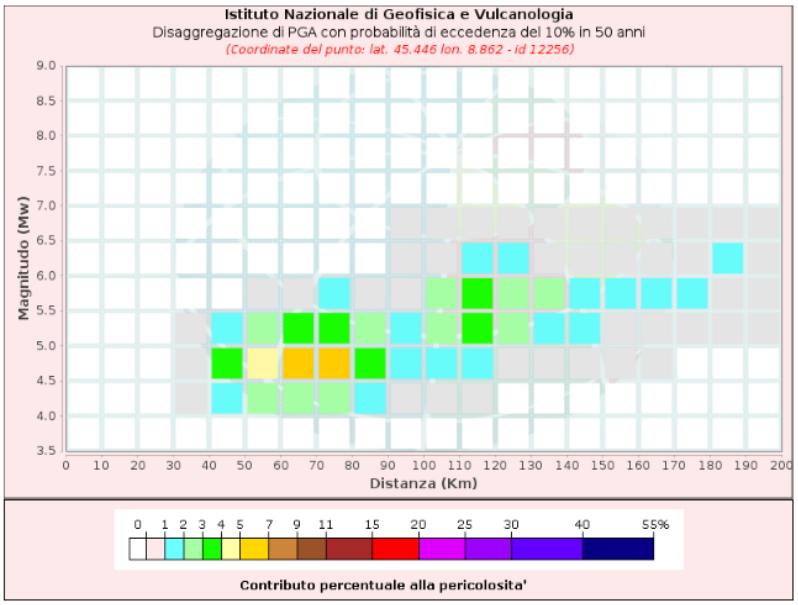

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 45.446 lon. 8.862 - id 12256)
Magnitudo (Mw)
Distanza (Km)
0 1 2 3 4 5 7 9 11 15 20 25 30 40 55%
Contributo percentuale alla pericolosita'

*Figura 8: Disaggregazione del valore di ag con probabilità di eccedenza 10% in 50 anni-grafico (INGV)*

| Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 45.446 lon. 8.862 - id 12256) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Distanza (Km) | Magnitudo (Mw) | | | | | | | | | | |
| | 3.5-4.0 | 4.0-4.5 | 4.5-5.0 | 5.0-5.5 | 5.5-6.0 | 6.0-6.5 | 6.5-7.0 | 7.0-7.5 | 7.5-8.0 | 8.0-8.5 | 8.5-9.0 |
| 0-10 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 10-20 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 20-30 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 30-40 | 0.0000 | 0.1250 | 0.2370 | 0.1300 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 40-50 | 0.0000 | 1.5500 | 3.1600 | 1.9200 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 50-60 | 0.0000 | 2.1300 | 4.4700 | 2.8200 | 0.3070 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 60-70 | 0.0000 | 2.8200 | 6.1400 | 3.9900 | 0.8800 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 70-80 | 0.0000 | 2.1800 | 5.3100 | 3.8200 | 1.0300 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 80-90 | 0.0000 | 1.1700 | 3.4700 | 2.8500 | 0.8430 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 90-100 | 0.0000 | 0.4970 | 1.9500 | 1.8800 | 0.6210 | 0.0068 | 0.0010 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 100-110 | 0.0000 | 0.1650 | 1.8500 | 2.9900 | 2.4600 | 0.4980 | 0.0333 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 110-120 | 0.0000 | 0.0210 | 1.1700 | 3.0500 | 3.1900 | 1.0300 | 0.1110 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 120-130 | 0.0000 | 0.0000 | 0.5380 | 2.4300 | 2.7200 | 1.0200 | 0.1280 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 130-140 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1980 | 1.6900 | 2.0800 | 0.8720 | 0.1210 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 140-150 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0583 | 1.0500 | 1.5300 | 0.7190 | 0.1100 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 150-160 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0186 | 0.6940 | 1.2900 | 0.7030 | 0.0924 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 160-170 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0028 | 0.4930 | 1.1900 | 0.8040 | 0.0757 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 170-180 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.3320 | 1.0700 | 0.9430 | 0.0623 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 180-190 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.2210 | 0.9690 | 1.0100 | 0.0508 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 190-200 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1210 | 0.7570 | 0.8880 | 0.0379 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

| Valori Medi | | |
|---|---|---|
| Magnitudo | Distanza | Epsilon |
| 5.21 | 97.6 | 1.91 |

*Figura 9: Disaggregazione del valore di ag con probabilità di eccedenza 10% in 50 anni-tabella (INGV)*

Per quanto riguarda lo scenario di pericolosità sismica locale (PSL), l'area d'interesse è stata ricompresa sia nella classe Z4a: "Zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali. Probabili effetti: amplificazioni litologiche e geometriche".

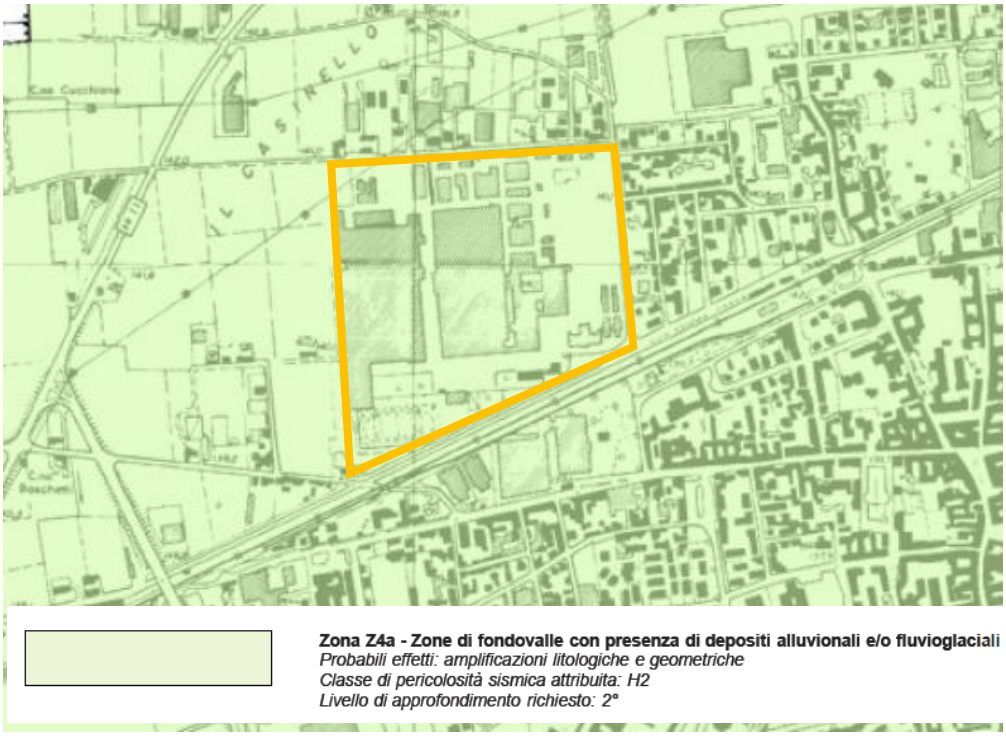
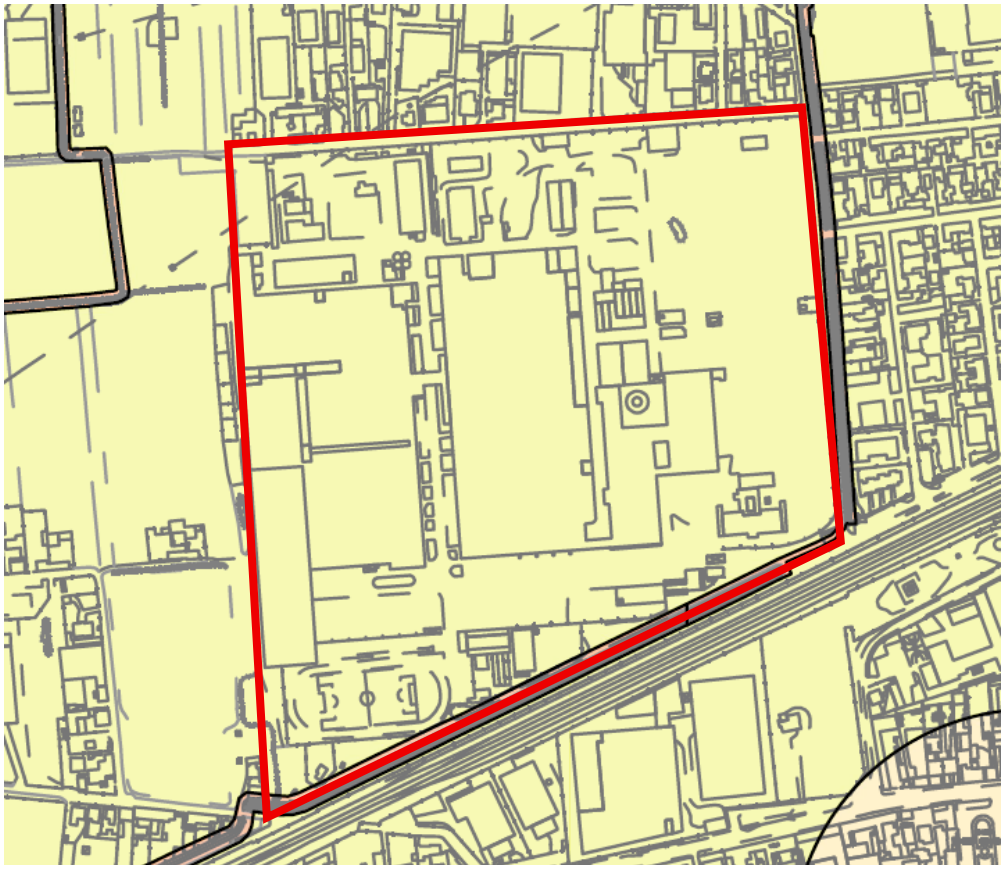

Zona Z4a - Zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali
Probabili effetti: amplificazioni litologiche e geometriche
Classe di pericolosità sismica attribuita: H2
Livello di approfondimento richiesto: 2°

*Figura 10: Inquadramento sismico*
*(estratto della Tavola 4 della Componente geologica, idrogeologica e sismica allegata al PGT comunale)*

## 6. FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Sulla base di tale classificazione territoriale l'area d'intervento ricade in Classe di fattibilità 2 - "fattibilità con modeste limitazioni", ad eccezione delle fasce di rispetto del Canale Villoresi, ascritte alla Classe 4a- "Fattibilità con gravi limitazioni".



**Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni**
Aree con discrete caratteristiche geotecniche ma con limitata soggiacenza della falda.
L'utilizzo di queste aree è subordinato alla realizzazione di supplementi d'indagine per acquisire una maggiore conoscenza delle condizioni idrogeologiche e delle misure di protezione da adottare.
*Ambito classificato come zona sismica Z4a*

**Classe 4a - Fattibilità con gravi limitazioni**
Aree con elevato rischio idrologico. Rientrano in questa classe: le aree perimetrate dall'*Autorità di bacino del Fiume Po* come *fascia di deflusso (Fascia A), fascia d'esondazione (Fascia B) e aree d'inondazione per piena catastrofica (Fascia C)*, le fasce di pertinenza di tutte le acque pubbliche e gli ambiti golenali del Fiume Ticino.
In tutte queste aree è preclusa qualsiasi attività, se non opere tese alla salvaguardia idrogeologica per la tutela dei siti.
*Ambito classificato come zona sismica Z4a*

*Figura 11: Fattibilità geologica*
*(estratto della Tavola 8 della Componente geologica, idrogeologica e sismica allegata al PGT comunale)*

Di seguito si riporta un estratto delle Norme geologiche:

Classe 2 (gialla) - Fattibilità con modeste limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti d'indagine e accorgimenti tecnico - costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

È consentito qualunque tipo di opera edificatoria e/o modifica di destinazione d'uso del suolo e/o utilizzo delle aree in genere, di cui all'elenco dell'Art.3 delle presenti norme, ma con limitazioni legate alla limitata soggiacenza della falda ed alle condizioni di vulnerabilità della risorsa idrica sotterranea.



La progettazione degli interventi in elenco all'Art. 3 e assoggettata alla presentazione di:

- Relazione geologica di compatibilità (R3)
- Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 (R1)
- Relazione geotecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018 (R2)

da redigersi secondo i criteri di cui all'Art. 4 delle presenti norme.

Le valutazioni geologiche finalizzate a verificare la compatibilità e fattibilità dell'intervento dovranno essere supportate da approfondimenti d'indagine finalizzati a verificare interferenze di tipo diretto e indiretto tra intervento in progetto, acqua nel sottosuolo e condizioni di vulnerabilità della falda.

Gli approfondimenti d'indagine dovranno necessariamente riguardare tutte quelle opere che presentino soluzioni progettuali con sviluppo in sotterraneo e quegli interventi che comportino l'insediamento di attività o la formazione di strutture a rischio inquinologico per le acque di falda; in particolare:

- Per quegli interventi che prevedano sviluppi in sotterraneo dovrà essere ricostruita nel dettaglio la struttura idrogeologica del sottosuolo, la profondità del livello idrico e le relative oscillazioni nel tempo al fine di accertare interferenze tra opere di scavo, intervento in progetto e circolazione idrica.
- Per la realizzazione di nuove attività commerciali, artigianali e/o produttive, nonché la posa di sottostrutture potenzialmente a rischio nei confronti dei requisiti qualitativi delle acque sotterranee i supplementi d'indagine dovranno valutare l'incidenza, o meno, dell'attività esercitata e del relativo insediamento, e/o della generica opera in progetto nei confronti delle
- condizioni di vulnerabilità della falda e dei requisiti di tutela della risorsa idrica.
- La gestione delle acque meteoriche provenienti da superfici di nuova formazione deve rispettare il principio dell'invarianza idraulica ed idrologica, secondo quanto previsto dal Regolamento Regionale 23 novembre 2017 – n. 7 e s.m.i.
- Nel rispetto dei disposti del sopra citato regolamento, per lo smaltimento delle acque meteoriche e preferibile la soluzione progettuale che preveda lo smaltimento delle stesse per infiltrazione nel suolo/sottosuolo.
- Il dimensionamento di sistemi di smaltimento acque meteoriche nel suolo/sottosuolo e assoggettato alla valutazione delle caratteristiche di permeabilità dei terreni e della compatibilità nei confronti delle caratteristiche geologiche locali e dei requisiti di tutela della risorsa idrica.

Le relazioni geologica e geotecnica, ai sensi del D.M. 17.01.2018, dovranno essere supportate da prove geotecniche specifiche ed eventualmente di laboratorio, da dimensionarsi a discrezione del Tecnico incaricato, in relazione a dimensione dell'opera e problematiche in essere.

La realizzazione di costruzioni strategiche e rilevanti, ai sensi del d.d.u.o. nr. 19904 del 21 novembre 2003, e assoggettata alla valutazione dell'amplificazione sismica locale con approfondimento di 2° livello, in accordo con quanto riportato all'Allegato 5 della D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005 al fine di controllare e convalidare per il singolo intervento gli esiti positivi delle analisi effettuate in fase pianificatoria.

Qualora a seguito dell'applicazione del 2° livello, dovesse risultare un fattore di amplificazione superiore al valore soglia comunale, la progettazione dovrà essere supportata da approfondimento di 3° livello.

# 7. RISCHIO RADON

Il radon è un gas nobile radioattivo, inodore ed incolore, prodotto dal decadimento radioattivo dell'uranio. Le quantità di radon presenti nel terreno e nelle rocce variano a seconda delle caratteristiche geomorfologiche. A causa delle sue caratteristiche chimiche, il radon può diffondere dal luogo in cui si forma e raggiungere lo spazio esterno: all'aperto si disperde e si diluisce mentre in ambienti chiusi può accumularsi, raggiungendo a volte concentrazioni rilevanti. La concentrazione di radon in un edificio varia non solo in base al terreno su cui sorge e ai materiali da costruzione utilizzati, ma anche in base a caratteristiche strutturali come, ad esempio, la ventilazione naturale (porte e finestre) o forzata, il tipo di collegamento tra edificio e suolo, l'efficientamento energetico.



Il principale danno per la salute legato all'esposizione al radon è un aumento statisticamente significativo del rischio di tumore polmonare. A livello mondiale, il radon è considerato il contaminante radioattivo più pericoloso negli ambienti chiusi ed è stato valutato che il 50% circa dell'esposizione media delle persone a radiazioni ionizzanti è dovuto al radon.

Il testo unico di riferimento in materia di radon è il Decreto Legislativo 101/2020 – Titolo IV Capo I, (in aggiornamento e abrogazione del D.Lgs. 230/1995).

I livelli massimi di riferimento sono quelli indicati all'art. 12:

- 300 Bq/m$^3$ in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per le abitazioni esistenti;
- 200 Bq/m$^3$ in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per abitazioni costruite dopo il 31 dicembre 2024;
- 300 Bq/m$^3$ in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per i luoghi di lavoro.

Regione Lombardia ha pubblicato in data 28 Giugno 2023 sul BURL SO nr. 26 la prima identificazione delle aree prioritarie ex Decreto 101: il Comune di Magenta non è classificato tra le aree prioritarie.

Nel progetto del nuovo Data Center, nonostante il territorio in esame non risulti critico per la problematica relativa al radon, saranno adottate delle soluzioni costruttive che garantiranno un elevato livello di sicurezza. In particolare:

- Non è prevista la realizzazione di locali interrati, e tutti gli edifici avranno uno sviluppo esclusivamente fuori terra con una quota del piano di calpestio interno (+141,20m slm) superiore rispetto alla quota media del piano campagna dello stato di fatto (+139,10m slm);
- Nelle aree con prevista permanenza di persone (uffici) la stratigrafia del pacchetto di fondazioni prevede la posa di uno **strato isolante in vetro cellulare** dello spessore di 15cm tipo Foamglass T3+, che costituisce una barriera alla penetrazione dell'acqua e del vapore con particolare riferimento al gas radon, garantendo una costanza nel tempo delle prestazioni grazie a una struttura a celle chiuse ermeticamente non intercomunicanti tra loro. Tale strato sarà accoppiato a un **foglio in polietilene impermeabile** e a una **barriera al vapore aggiuntiva** dello spessore di 8cm;

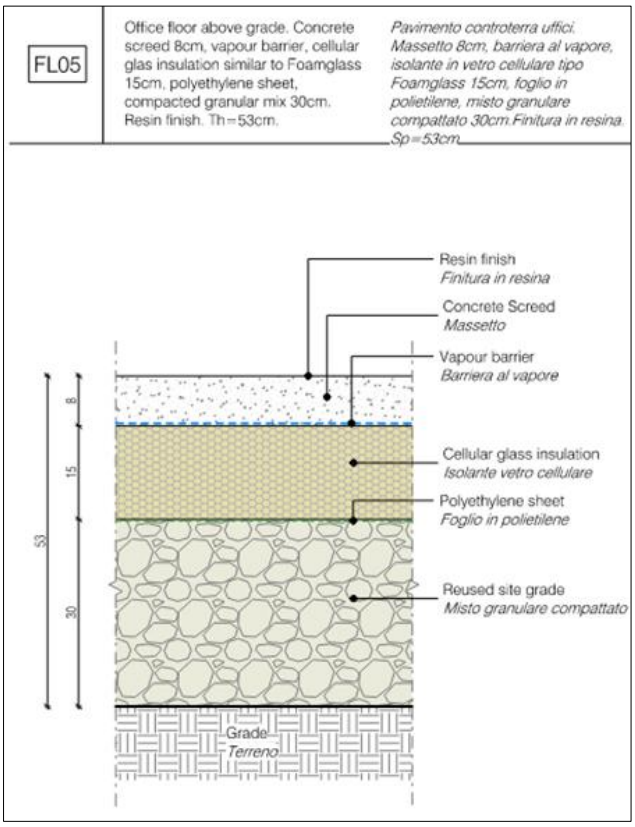

FL05
Office floor above grade. Concrete screed 8cm, vapour barrier, cellular glas insulation similar to Foamglass 15cm, polyethylene sheet, compacted granular mix 30cm. Resin finish. Th=53cm.
Pavimento controterra uffici. Massetto 8cm, barriera al vapore, isolante in vetro cellulare tipo Foamglass 15cm, foglio in polietilene, misto granulare compattato 30cm.Finitura in resina. Sp=53cm
Resin finish
Finitura in resina
Concrete Screed
Massetto
Vapour barrier
Barriera al vapore
Cellular glass insulation
Isolante vetro cellulare
Polyethylene sheet
Foglio in polietilene
Reused site grade
Misto granulare compattato
Grade
Terreno
8
15
30
53

*Figura 12: Stratigrafia fondazioni – aree con permanenza di persone*

- Negli edifici in cui non è prevista la permanenza di persone è comunque prevista la posa di una specifica **barriera anti-radon** composta da due fogli di polietilene con interposta una rete di fibra di poliestere e uno strato di alluminio.

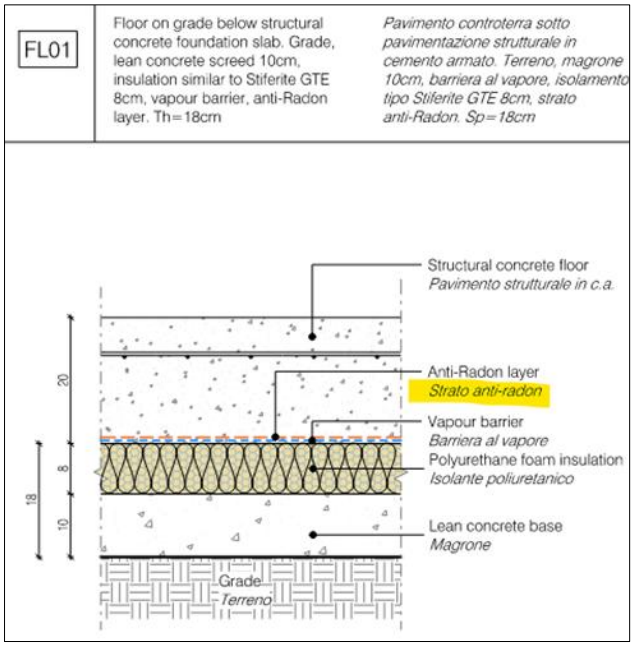

FL01
Floor on grade below structural concrete foundation slab. Grade, lean concrete screed 10cm, insulation similar to Stiferite GTE 8cm, vapour barrier, anti-Radon layer. Th=18cm
Pavimento controterra sotto pavimentazione strutturale in cemento armato. Terreno, magrone 10cm, barriera al vapore, isolamento tipo Stiferite GTE 8cm, strato anti-Radon. Sp=18cm
Structural concrete floor
Pavimento strutturale in c.a.
Anti-Radon layer
Strato anti-radon
Vapour barrier
Barriera al vapore
Polyurethane foam insulation
Isolante poliuretanico
Lean concrete base
Magrone
Grade
Terreno
20
8
10
18

*Figura 13: Stratigrafia fondazioni – aree senza permanenza di persone*

# 8. INDAGINI PREGESSE

A cavallo dei mesi di novembre e dicembre 2020 lo Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti Srl ha proceduto all'esecuzione di una campagna d'indagine volta a caratterizzare i depositi presenti nel primo sottosuolo del sito d'interesse. In particolare, si è proceduto all'esecuzione delle seguenti attività:

- n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti sino alla profondità di -30.0m da p.c., con realizzazione di prove SPT ogni 1.5m di avanzamento;
- n. 17 prove penetrometriche dinamiche continue con attrezzatura DPSH, spinte sino alla profondità di 15m da p.c.;
- n. 1 indagine sismica MASW per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs.

Successivamente, nel mese di aprile 2022, ambiente spa ha eseguito n.8 prove di permeabilità di Lefranc, sia a carico variabile che a carico costante, in corrispondenza di n.4 punti d'indagine.

Inoltre, nel periodo febbraio 2022-gennaio 2023, è stato effettuato il monitoraggio mensile della soggiacenza della falda in corrispondenza di n. 6 piezometri esistenti (MW1-MW6).

Nella seguente figura si riporta l'ubicazione delle suddette attività.

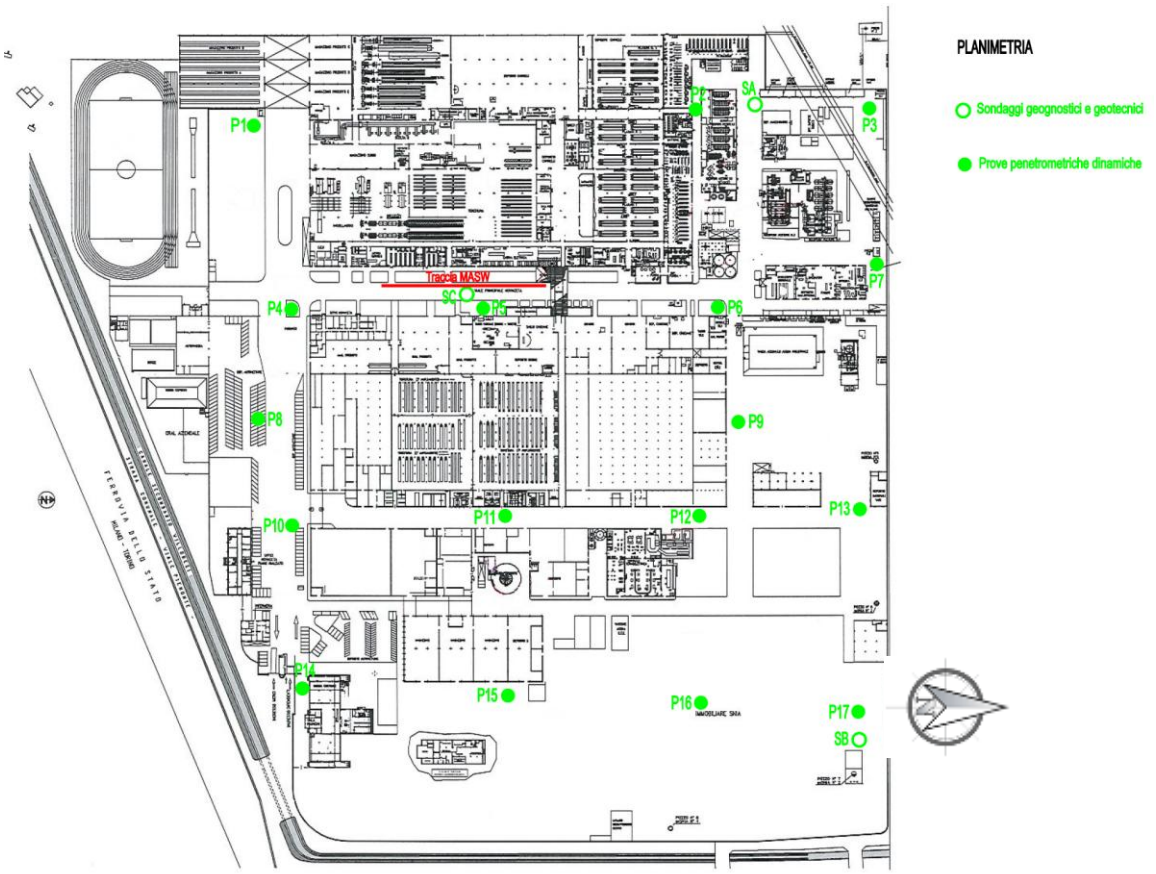



*Figura 14: Ubicazione punti d'indagine*
*(fonte: Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti Srl)*

## 8.1. Sondaggi geognostici e prove SPT in foro

I sondaggi sono stati realizzati con sonda idraulica mediante un sistema a carotaggio continuo e spinti sino alla profondità di 30m da p.c.

A partire dalla profondità di 1.5m, corrispondente indicativamente alla quota minima di posa dell'ipotetico piano fondazionale, si è proceduto all'esecuzione di prove SPT a fondo foro ogni 1.5m di avanzamento, per un totale di n. 20 prove SPT per ogni sondaggio.



Dette prove consistono nell'infissione di una batteria di aste a seguito della caduta libera da un'altezza di 75cm di un maglio del peso di 63.5kg ad esse collegato e nella registrazione del numero di colpi necessario all'avanzamento di tre tratti di altezza pari a 15 cm (N1-N2-N3). Il valore di NSPT, utilizzato per ricavare le correlazioni con i parametri geotecnici, è quindi calcolato come la somma N2+N3.

La prova viene sospesa quando il numero di colpi (N), per un tratto di 15 cm, supera 50. In tal caso si annota la penetrazione (in cm) ottenuta con i 50 colpi.

## 8.2. Prove Lefranc

Al fine di determinare il coefficiente di permeabilità (K) dei terreni superficiali, e determinare conseguentemente la capacità d'infiltrazione del suolo, sono state eseguite n.8 prove di permeabilità di Lefranc, sia a carico variabile che a carico costante.

| Sondaggio | Intervallo di misura | Tipologia |
|---|---|---|
| SLF1 | 1.0-1.5 | Carico costante |
| | 2.5-3.0 | Carico costante |
| SLF2 | 1.0-1.5 | Carico costante |
| | 2.5-3.0 | Carico costante |
| SLF3 | 1.0-1.5 | Carico costante |
| | 2.5-3.0 | Carico variabile |
| SLF4 | 1.0-1.5 | Carico variabile |
| | 2.5-3.0 | Carico variabile |

*Tabella 1 : Prove Lefranc effettuate*

## 8.3. Prove penetrometriche dinamiche continue SCPT

Le prove penetrometriche dinamiche continue (P1÷P17) sono state eseguite con attrezzatura "DPSH" (ISSMFE) e sono state condotte, ai sensi della normativa Con. Min. LL.PP. n°53363 del 06/05/05, con penetrometro Pagani TG 73-10.

Nel dettaglio, le prove penetrometriche dinamiche continue con punta conica SCPT (Standard Cone Penetration Test) forniscono una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati.

L'esecuzione prevede che all'estremità inferiore della batteria di aste sia collegata una punta conica con un diametro pari a 50.5 mm e angolo di apertura di 60°, perfettamente liscia. Il dispositivo d'infissione è costituito da un maglio del peso di 73 kg che cade liberamente da un'altezza di circa 0,75 (peso del maglio e altezza di caduta sono parametri standardizzati). La prova consiste nel conteggio del numero di colpi necessario per infiggere la punta conica nel terreno per tratti consecutivi di 30 cm (NSCPT); dopo di che deve essere infisso il rivestimento, rilevando nuovamente il numero di colpi necessari (Nr).

Il numero di colpi è in stretta relazione con la resistenza all'avanzamento della punta e delle aste e, quindi, con lo stato di addensamento dei depositi attraversati. I dati di campagna vengono riportati su diagrammi penetrometrici, la cui interpretazione permette di individuare orizzonti omogenei dal punto di vista geologico-tecnico.



Il numero di colpi NSCPT viene quindi moltiplicato per un fattore necessario per standardizzare i valori secondo la normativa NSPT (Standard Penetration Test) per poi ricavare, tramite correlazioni note in letteratura, i parametri geotecnici propri del materiale e del loro stato tensionale.

Le prove sono state spinte sino alla profondità di 15m da p.c., ritenuta rappresentativa del volume significativo interessato dalla tipologia di interventi previsti.

## 8.4. Indagine sismica MASW

L'indagine sismica MASW si basa sull'analisi delle proprietà dispersive delle onde superficiali (variazione di velocità a diverse frequenze) finalizzata alla determinazione delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità e della rigidezza superficiale (proprietà critica per molti studi geotecnici), mediante la costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Vs).

Le onde di superficie sono facilmente generabili da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente, e sono costituite da componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, e da componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda ridotte) con minore energia e capacità di penetrazione solo superficiale.

L'intero processo comprende tre passi successivi:

- acquisizione delle onde superficiali (ground roll) tramite stesa geofonica;
- costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (ottenuto producendo un treno d'onde superficiali a banda larga registrato minimizzandone il rumore).

# 9. ESITI DELLE INDAGINI

## 9.1.Stratigrafia del sottosuolo

Il sottosuolo dell'area in esame è caratterizzato da un orizzonte superficiale di riporto antropico di spessore prossimo a 0.5m, costituito da frammenti di asfalto e cemento in matrice sabbioso ghiaiosa, al di sotto del quale è stata intercettata una potente successione di depositi sabbioso-ghiaiosi debolmente limosi sino alle massime profondità indagate, interrotta da un sottile livello argilloso-limoso di spessore inferiore al metro riscontrato in corrispondenza dei sondaggi SA e SB tra i 9 e 10m di profondità.



## 9.2.Coefficiente di permeabilità k

Gli esiti delle prove Lefranc evidenziano come l'intervallo più superficiale sia caratterizzato da valori compresi tra 0.6 e 9.4x $10^{-4}$ m/s (media 4.7x$10^{-4}$ m/s), mentre l'intervallo più profondo tra 1.4 e 2.1 x $10^{-3}$ m/s (media 1.6x$10^{-3}$ m/s).

| Sondaggio | Intervallo di misura (m da p.c.) | Tipologia di prova | K (m/s) |
|---|---|---|---|
| SLF1 | 1.0-1.5 | Carico costante | 7.4 x $10^{-4}$ |
| | 2.5-3.0 | Carico costante | 1.4 x $10^{-3}$ |
| SLF2 | 1.0-1.5 | Carico costante | 1.2 x $10^{-4}$ |
| | 2.5-3.0 | Carico costante | 1.6 x $10^{-3}$ |
| SLF3 | 1.0-1.5 | Carico costante | 0.6 x $10^{-4}$ |
| | 2.5-3.0 | Carico variabile | 2.1 x $10^{-3}$ |
| SLF4 | 1.0-1.5 | Carico variabile | 9.4 x $10^{-4}$ |
| | 2.5-3.0 | Carico variabile | 1.4 x $10^{-3}$ |

*Tabella 2: Prove Lefranc effettuate e valori di conducibilità idraulica*

Il grado di permeabilità è pertanto medio-alto.

## 9.3.Soggiacenza della falda

Nel corso dell'anno 2022, la società ambiente spa ha proceduto ad effettuare rilievi di soggiacenza della falda a cadenza mensile nella rete piezometrica del sito. I dati raccolti durante il periodo di monitoraggio mostrano che la soggiacenza della falda è compresa tra 5 e 8 m da p.c. (**quote comprese tra 131 e 134 m slm**), in linea con quanto riportato nel PGT comunale.

I risultati dei rilievi piezometrici mensili sono dettagliati nelle seguenti immagini.

| | 23-feb | 23-mar | 29-apr | 25-mag | 30-giu | 26-lug | 08-set | 29-set | 25-ott | 30-nov | 09-gen | 30-gen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MW1 | 6,61 | 7,22 | 7,09 | 7,08 | 6,845 | 6,5 | 6,05 | 6,47 | 6,93 | 7,45 | 7,86 | 8,08 |
| MW2 | 5,84 | 6,49 | 6,61 | 6,45 | 6,14 | 5,95 | 6,6 | 5,51 | 6,2 | 6,7 | 7,17 | 7,41 |
| MW3 | 5,84 | 6,46 | 6,45 | | | | 6,4 | 5,4 | 5,9 | 6,5 | 6,98 | 7,30 |
| MW4 | 5,51 | 6,14 | 6,16 | 6,18 | 5,88 | 5,65 | 6,7 | 5,37 | 5,84 | 6,35 | 6,85 | 7,09 |
| MW5 | 6,1 | 6,75 | 6,77 | 6,74 | 6,44 | 6,14 | 6,2 | 5,95 | 6,48 | 6,95 | | 7,66 |
| MW6 | 5,62 | 6,26 | 6,33 | 6,22 | 5,92 | 5,69 | 6,1 | 5,34 | | | 6,96 | |
| | | | | | | | | | | | | |
| piovosità 2022 | 11,2 | 7,8 | 30,8 | 59,4 | 27,6 | 54,7 | 22 | 66,1 | 17,4 | 81,1 | 77,7 | 44,6 |
| piovosità media storica | 43,53 | 35,17 | 57,33 | 98,4 | 37,7 | 74,17 | 50,27 | 55,57 | 136,1 | 122 | 84,57 | 39,4 |

*Figura 15: Soggiacenza della falda registrate dal 23/02/2022 al 30/01/2023*

| quote slm | 23-feb | 23-mar | 29-apr | 25-mag | 30-giu | 26-lug | 08-set | 29-set | 25-ott | 30-nov | 09-gen | 30-gen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MW1 | 132,54 | 131,93 | 132,06 | 132,07 | 132,31 | 132,65 | 133,10 | 132,68 | 132,22 | 131,70 | 131,29 | 131,07 |
| MW2 | 133,57 | 132,92 | 132,80 | 132,96 | 133,27 | 133,46 | 132,81 | 133,90 | 133,21 | 132,71 | 132,24 | 132,01 |
| MW3 | 133,35 | 132,73 | 132,74 | | | | 132,79 | 133,79 | 133,29 | 132,69 | 132,21 | 131,89 |
| MW4 | 134,07 | 133,44 | 133,42 | 133,40 | 133,70 | 133,93 | 132,88 | 134,21 | 133,74 | 133,23 | 132,73 | 132,49 |
| MW5 | 133,35 | 132,70 | 132,68 | 132,71 | 133,01 | 133,31 | 133,25 | 133,50 | 132,97 | 132,50 | | 131,79 |
| MW6 | 133,39 | 132,75 | 132,68 | 132,79 | 133,09 | 133,32 | 132,91 | 133,67 | | | 132,05 | |

*Figura 16: Quote s.l.m. della falda registrate dal 23/02/2023 al 30/01/2023*

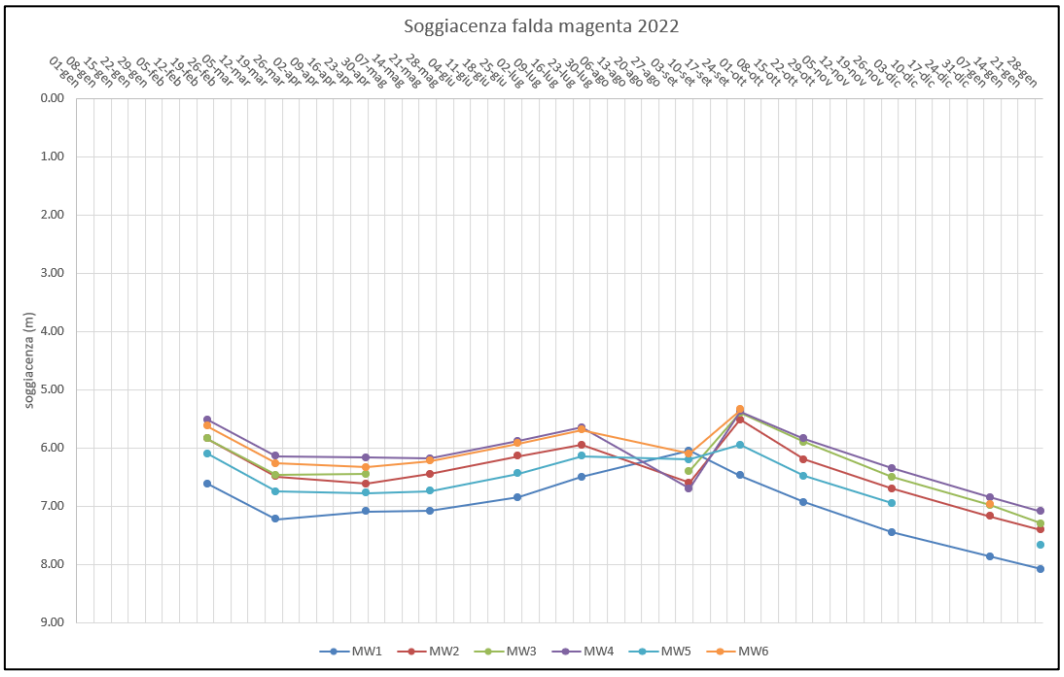



*Figura 17: Grafico rappresentante la soggiacenza della falda in ogni punto di monitoraggio*

Nella seguente tabella si riportano i valori minimi e massimi rilevati in corrispondenza di ogni piezometro durante il periodo di monitoraggio, da cui si osservano oscillazioni medie di circa 2m.

| | **Soggiacenza (m da p.c.)** | |
|---|---|---|
| | **minima** | **massima** |
| MW1 | 6,05 | 8,08 |

| | Soggiacenza (m da p.c.) | |
|---|---|---|
| | **minima** | **massima** |
| MW2 | 5,51 | 7,41 |
| MW3 | 5,4 | 7,30 |
| MW4 | 5,37 | 7,09 |
| MW5 | 5,95 | 7,66 |
| MW6 | 5,34 | 6,96 |

*Tabella 3: Valori minimi e massimi della soggiacenza registrati dal 23/02/2022 al 30/01/2023*



I dati più recenti a disposizione (relativi a rilievi in campo svolti nell'anno 2024-2025) indicano una quota massima della falda, in corrispondenza delle aree di prevista installazione dei nuovi edifici, pari a **circa 136,7m slm** (non sono presi in considerazione i piezometri MW4, MW8 e PZP1 in quanto ubicati in "Area parking" esternamente all'area di sviluppo del progetto edilizio). Di seguito si riporta l'andamento della falda negli anni 2024-2025 e i dati relativi all'ultimo rilievo eseguito, oltre alla planimetria con l'ubicazione dei punti di misura.

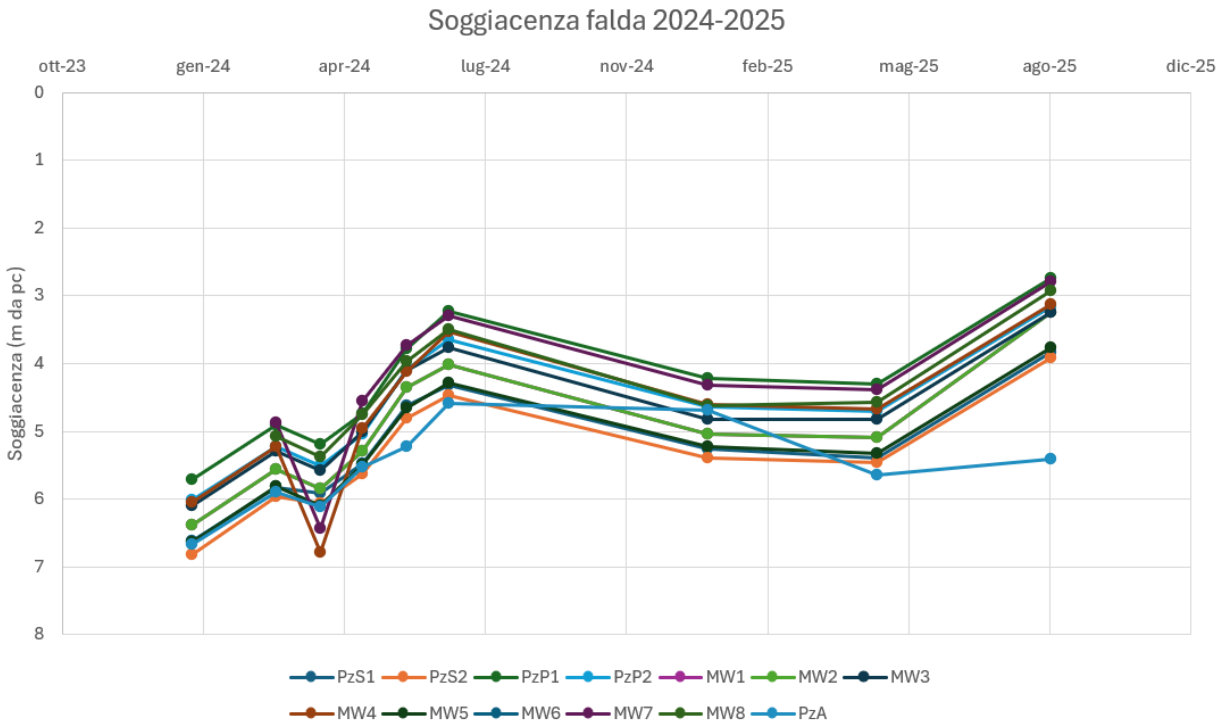



*Figura 18: Grafico rappresentante l'andamento della falda nel 2024-2025*

| Piezometro | Livello statico da bocca pozzo (m) - del 15/09/25 | Quota bocca pozzo (m slm) | Quota falda (m slm) |
|---|---|---|---|
| **PzS1** | 3,84 | 139,3 | 135,46 |
| **PzS2** | 3,92 | 139,57 | 135,65 |
| **PzP1** | 2,74 | 139,73 | 136,99 |
| **PzP2** | 3,16 | 139,61 | 136,45 |
| **MW1** | 4,33 | 139,63 | 135,30 |
| **MW2** | 3,25 | 139,89 | 136,64 |
| **MW3** | 3,25 | 139,41 | 136,16 |
| **MW4** | 3,12 | 140,08 | 136,96 |
| **MW5** | 3,77 | 139,93 | 136,16 |
| **MW6** | 3,13 | 139,47 | 136,34 |
| **MW7** | 2,79 | 139,54 | 136,75 |
| **MW8** | 2,93 | 139,70 | 136,77 |

*Tabella 4: Soggiacenza e quota falda rilievo settembre 2025*

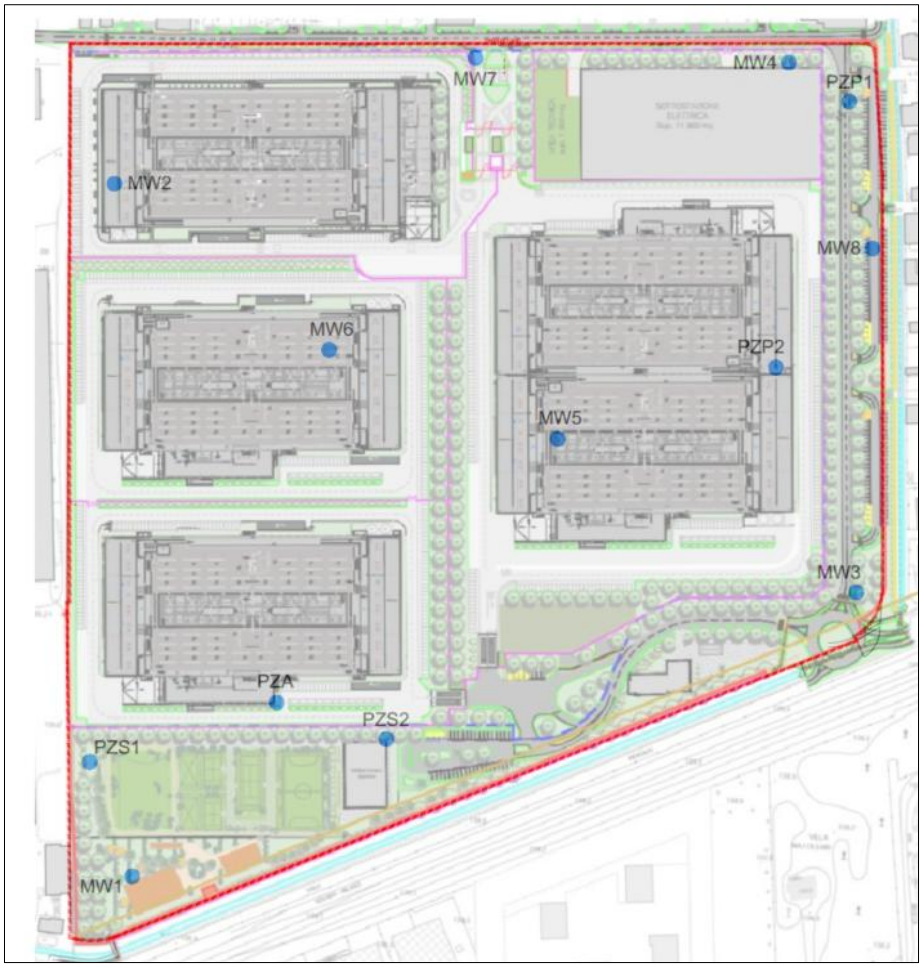



*Figura 19: Ubicazione piezometri*

## 9.4. Risultati prove SPT e SCPT

Di seguito si riportano i dati delle prove SPT eseguite nei fori di sondaggio, a cui è stata apportata la correzione suggerita da Terzaghi e Peck (1948), valida per le sabbie limose sottofalda con NSPT>15, secondo la seguente espressione:

$$N' = 15 + 0.5 \times (NSPT-15)$$

Nella tabella seguente si dettagliano i valori ottenuti, dai quali è stato possibile suddividere il sottosuolo in n. 2 orizzonti geotecnici.



| Profondità (m da p.c.) | SA | | SB | | SC | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | NSPT | N' | NSPT | N' | NSPT | N' | |
| 1.5 | 12 | 12 | 9 | 9 | 7 | 7 | Orizzonte A (8<N'<15) |
| 3.0 | 36 | 25,5 | 16 | 15,5 | 28 | 21,5 | |
| 4.5 | 10 | 10 | 13 | 13 | 29 | 22 | |
| 6.0 | 8 | 8 | 9 | 9 | 13 | 13 | |
| 7.5 | 11 | 11 | 13 | 13 | 16 | 15,5 | |
| 9.0 | 9 | 9 | 12 | 12 | 25 | 20 | Orizzonte B (15<N'<25) |
| 10.5 | 23 | 19 | 31 | 23 | 37 | 26 | |
| 12.0 | 36 | 25,5 | 39 | 27 | 36 | 25,5 | |
| 13.5 | 22 | 18,5 | 25 | 20 | 27 | 21 | |
| 15.0 | 24 | 19,5 | 19 | 17 | 36 | 25,5 | |
| 16.5 | 25 | 20 | 27 | 21 | 33 | 24 | |
| 18.0 | 24 | 19,5 | 30 | 22,5 | 35 | 25 | |
| 19.5 | 30 | 22,5 | 28 | 21,5 | 32 | 23,5 | |
| 21.0 | 27 | 21 | 23 | 19 | 54 | 34,5 | |
| 22.5 | 27 | 21 | 31 | 23 | 23 | 19 | |
| 24.0 | 36 | 25,5 | 28 | 21,5 | 39 | 27 | |
| 25.5 | 28 | 21,5 | 26 | 20,5 | 24 | 19,5 | |
| 27.0 | 23 | 19 | 25 | 20 | 18 | 16,5 | |
| 28.5 | 21 | 18 | 24 | 19,5 | 25 | 20 | |
| 30.0 | 32 | 23,5 | 41 | 28 | 28 | 21,5 | |

*Tabella 5: Esiti delle prove SPT in foro: definizione orizzonti omogenei*

L'analisi dei diagrammi penetrometrici ha permesso di confermare la situazione di buona omogeneità dell'area dal punto di vista geologico-tecnico, con un graduale incremento della resistenza a penetrazione con l'aumentare della profondità.

In particolare, il maggior dettaglio di questa tipologia di prove ha consentito di individuare n.3 orizzonti, di seguito descritti dal più superficiale al più profondo:

- Orizzonte superficiale (A1) – NSCPT<5: individuato dal piano campagna sino a profondità di 2.5/3.0m a 4.5m. Tale livello si estende sino profondità maggiori (4.5/5.0m) in corrispondenza delle prove P4, P8 e P14, mentre nella prova P11 non è stato individuato;
- Orizzonte intermedio (A2) – 5<NSCPT<10: individuato sino a profondità generalmente comprese tra 9.5 e 10.5m da p.c. e che raggiungono gli 11.0m in corrispondenza della P10. Tale orizzonte presenta una variabilità laterale, definita da modesti livelli maggiormente addensati (con valori di Np raggiungono i 15/20 colpi/piede) di spessore inferiore al metro riscontrati in corrispondenza delle prove P2, P3, P7, P9;
- Orizzonte profondo (B) – 10<NSCPT<20: inferiormente si registra un ulteriore incremento della resistenza a penetrazione, con valori massimi che raggiungono i 25colpi/piede, mentre, in corrispondenza delle prove P5 e P6, si registrano un nuovo peggioramento delle proprietà geotecniche (8<NSCPT<15) tra i 12 e 15m da p.c.



Sulla base di quanto sin qui esposto, nella seguente tabella si dettaglia, per ogni orizzonte individuato, il valore di NSCPT caratteristico ed il corrispettivo valore di NSPT, ottenuto utilizzando la seguente formula scelta in considerazione della litologia prevalente dei terreni investigati e della strumentazione utilizzata:

NSPT= 1.5 NSCPT

| *Orizzonte geotecnico* | *Profondità (m da p.c.)* | *NSCPT caratteristico* | *NSPT caratteristico* |
|---|---|---|---|
| *Orizzonte A1* | *0.0 - 4.0* | *4* | *6* |
| *Orizzonte A2* | *4.0 - 10* | *8* | *12* |
| *Orizzonte B* | *>10* | *15* | *22* |

*Tabella 6: Esiti delle prove DPSH: definizione orizzonti omogenei e valori di NSCPT caratteristico*

Dalla comparazione dei risultati si può notare una buona corrispondenza con quanto desunto dalle prove SPT, sia in termini di spessori che di valore di numero di colpi, al netto della suddivisione dell'orizzonte A in due suborizzonti (A1 e A2).

## 9.5. Esiti indagine sismica

L'elaborazione dell'indagine MASW esperita nel mese di dicembre 2020 (per ulteriori approfondimenti si rimanda al documento "*Indagine geofisica finalizzata agli studi della microzonazione sismica per la risposta locale-Metodologia MASW-Magnta (MI)"* – Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti Srl, dicembre 2020) ha restituito un valore di Vs,eq pari a 269m/s, cui corrisponde una categoria di sottosuolo C: "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

# 10. MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO

Sulla base delle informazioni bibliografiche e delle indagini svolte è stato possibile ricostruire il modello geologico-tecnico del sito.

I terreni che caratterizzano il sottosuolo del comparto oggetto di studio sono rappresentati da depositi alluvionali appartenenti al Livello Fondamentale della Pianura e costituiti, al di sotto dell'orizzonte superficiale di riporto antropico di spessore prossimo a 0.5m, da una potente successione di depositi sabbioso-ghiaiosi debolmente limosi sino alle massime profondità indagate, localmente interrotta tra i 9 e 10m di profondità da un sottile livello argilloso-limoso di spessore inferiore al metro.



Tale successione risulta avere un grado di permeabilità medio-alto (0.5-1.0 $x10^{-3}$m/s) ed è sede di un acquifero freatico la cui falda si livella a profondità comprese tra 5 e 8m circa da p.c., con oscillazioni annuali di 2m e direzione di flusso NNE-SSO.

Dal punto di vista geotecnico, il sottosuolo è stato suddiviso in n.3 orizzonti, di seguito descritti dal più superficiale al più profondo:

- Orizzonte superficiale (A1) – NSPT caratteristico=6: individuato dal piano campagna sino a profondità medie di 2.5/3.0m e massime di 4.5-5.0m.;
- Orizzonte intermedio (A2) – NSPT caratteristico=12: individuato sino a profondità generalmente comprese tra 9.5 e 11.0m da p.c.;
- Orizzonte profondo (B) – NSPT caratteristico=22: individuato sino alle massime profondità indagate, con isolati livelli meno addensati tra 12 e 15m da p.c.

## 10.1. Determinazione dei principali parametri geotecnici

L'attribuzione dei principali parametri geotecnici agli orizzonti geotecnici individuati è stata effettuata tramite l'applicazione di correlazioni esistenti in letteratura basate sui valori di NSPT – opportunamente convertiti in valori di N(1)60 (valore di NSPT normalizzato per tenere conto dell'incidenza del carico litostatico).

Si specifica che, essendo in presenza di terreni con una significativa componente ghiaioso-sabbiosa, la stima degli stessi è stata effettuata procedendo in termini di condizioni drenate, considerando quindi una coesione nulla.

Peso volume (γ)

Il peso di volume del terreno è stato stimato in base alle evidenze litologiche: è stato attribuito un valore di 18 kN/$m^3$ ai primi due orizzonti e di 19kN/$m^3$ al terzo.

Angolo di resistenza al taglio (ϕ')

Per la definizione di resistenza al taglio è stato utilizzato il metodo Japanese National Railway, valido per sabbie medio-grosse fino a sabbie ghiaiose:

$$\varphi\ (°) = 0.3 \times N_{SPT} + 27$$

Densità relativa (Dr)

La densità relativa è stata determinata a partire dai valori di N(1)60, in accordo alle seguenti equazioni, ricavate dall'analisi di numerose evidenze sperimentali (Skempton, 1986):

$$Dr\ (\%) = [N_{(1)60} / (71.7 \times N_{(1)60}^{-0.056})]^{0.5} \quad \text{per } N_{(1)60} > 8$$

$$Dr\ (\%) = [N_{(1)60} / (296.6 \times N_{(1)60}^{-0.728})]^{0.5} \quad \text{per } N_{(1)60} \leq 8$$

dove:

$N_{(1)60}$ = $N_{SPT}$ x Cr x Cn

Cr = Fattore di correzione della lunghezza delle aste

Cn = (Pa/Peff)0.5 (da Skempton, 1986)

Modulo di deformazione o Modulo di Young (E)

Per la definizione del modulo di Young (E) è stato utilizzati il metodo di D'Appolonia et Alii, valido per sabbie e ghiaie:

$$E\ (Mpa) = (7.71 \times N_{SPT} + 191)/10$$

Sulla base di quanto sin qui esposto, nella seguente tabella si dettagliano i parametri geotecnici assegnati a ciascun orizzonte individuato.

| *Orizzonte geotecnico* | *Profondità (m da p.c.)* | *NSPT caratteristico* | γn (kN/m3) | c (kPa) | *Dr (%)* | ϕ' (°) | *E (MPa)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Orizzonte A1* | *0.0 - 4.0* | *6* | *18* | *0* | *25* | *29* | *24* |
| *Orizzonte A2* | *4.0 - 10* | *12* | *18/8** | *0* | *40* | *31* | *28* |
| *Orizzonte B* | *>10* | *22* | *19/9** | *0* | *55* | *34* | *36* |

* valori terreno saturo

*Tabella 7: Modello geotecnico del sito*

# 11. TIPOLOGIA DI FONDAZIONI PREVISTE DA PROGETTO

Sulla base del modello geologico-tecnico e delle analisi strutturali, per le opere in progetto sono previste fondazioni su pali. In particolare, sono state progettate diverse configurazioni in termini di numero e profondità dei pali. Al fine di evitare movimenti differenziali orizzontali del terreno e trasferire i carichi verticali agenti sul piano terra al terreno, è prevista una piastra di fondazione (soletta di fondazione – piling mat). Sono stati previsti 8 tipi di pali per le fondazioni dell'edificio che differiscono per lunghezza e quindi profondità:



- Lunghezza 12m: numero 2
- Lughezza 18m: numero 64
- Lunghezza 22: numero 166
- Lunghezza 26m: numero 73
- Lunghezza 16m: numero 36
- Lughezza 20 m: numero 146
- Lunghezza 24: numero 48
- Lunghezza 28m: numero 140

Per dettagli si rimanda alla documentazione specifica di progetto redatta dal progettista delle strutture.

# 12. CONCLUSIONI

Dal punto di vista geologico e geomorfologico l'area d'indagine ricade nel settore del Livello Fondamentale della Pianura, caratterizzato dalla presenza di sedimenti alluvionali costituiti da una successione monotona di ghiaie e sabbie debolmente limose, solo localmente intercalata da livelli argilloso-limosi di spessore prossimo al metro.

Il sito d'interesse è stato ascritto alla classe 2 di fattibilità geologica (con modeste limitazioni); mentre rientrano in classe 4a (con gravi limitazioni) le aree ricomprese nelle fasce di rispetto del Canale Secondario Villoresi.



Dal punto di vista geologico-tecnico, la campagna d'indagine esperita presso il sito ha permesso di identificare i seguenti orizzonti omogenei:

- Orizzonte superficiale (A1) – NSPT caratteristico=6: individuato dal piano campagna sino a profondità medie di 2.5/3.0m e massime di 4.5-5.0m.;
- Orizzonte intermedio (A2) – NSPT caratteristico=12: individuato sino a profondità generalmente comprese tra 9.5 e 11.0m da p.c.;
- Orizzonte profondo (B) – NSPT caratteristico=22: individuato sino alle massime profondità indagate, con isolati livelli meno addensati tra 12 e 15m da p.c.

Dal punto di vista idrogeologico, la prima falda presenta una quota massima, sulla base delle registrazioni effettuate negli ultimi anni, pari a circa 136,7m slm, corrispondente a circa 4m di profondità rispetto al piano strada di progetto (140,60m slm). Alla luce di quanto sopra, gli scavi per la realizzazione di alcune strutture interrate potrebbero spingersi fino a lambire la superficie di falda (es. scavi per posa delle vasche di contenimento dei serbatoi interrati – quota fondo scavo 134,60m slm, vasche acqua non potabile – quota fondo scavo 136,00m slm). Con riferimento alla realizzazione di questi scavi, in relazione alla soggiacenza della falda riscontrata in situ durante l'esecuzione, si potrà procedere, alternativamente con:

- sistema di emungimento dell'acqua da fondo scavo mediante moto-elettropompe per portate di piccola quantità e quindi volumi di scavo sotto-falda contenuti;
- sistema wellpoint costituito da punte filtranti/aghi di emungimento distanziati 1-1.5 m e con profondità di 6-7 m, collegati ad un collettore connesso ad una moto-elettropompa. Per profondità maggiori (oltre i 7.0m) gli impianti potranno essere installati a gradoni.

In ogni caso, tutte le attività di scavo in falda saranno realizzate avendo la massima cura di salvaguardare la qualità delle acque sotterranee, mediante l'adozione di idonee procedure che saranno dettagliate nel piano di cantierizzazione. Analoghe considerazioni restano valide anche per i pali di fondazione, relativamente ai quali si specifica che i fanghi utilizzati per le perforazioni saranno eco-compatibili e privi di additivi potenzialmente nocivi per la qualità delle acque.

Dal punto di vista sismico, il Comune di Magenta ricade in Zona Sismica 4 e al comparto è stato attribuito uno scenario di PSL Z4a. Al sito oggetto d'intervento è stata attribuita in via preliminare una categoria di sottosuolo C, che sarà poi da confermare mediante l'applicazione dell'analisi sismica di II livello.

Sulla base di quanto sin qui esposto, si attesta la compatibilità delle opere in progetto con le prescrizioni della "Componente geologica, idrogeologica e sismica" del PGT vigente.

Firmato digitalmente da: Eugenio Radice Fossati Confalonie
Data: 19/12/2025 12:14:13

Firmato digitalmente da
**Paolo Francesco Mauri**
O = Ordine dei Geologi della Lombardia
C = IT